

Giacomo Chiesa,

Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, Italia

Abstract. Il paper affronta la dicotomia tra sviluppo orizzontale e verticale dell'edificato in contesti urbani con diverse densità e logiche insediative seguendo un approccio proprio della progettazione tecnologico-ambientale. La ricerca si focalizza su due parametri ambientali riconosciuti, vento e sole, individuando indicatori di performance relativi alla ventilazione naturale (coefficiente di pressione e profilo di velocità del vento) e al fabbisogno termico (percentuale delle aperture, forma e orientamento di un'unità spaziale). Per ogni indicatore si è condotta un'analisi di sensibilità al variare della densità e dell'altezza edilizia per valutare scelte di progetto in quelle fasi progettuali, come il metaprogetto, in cui simulazioni energetiche avanzate sono difficilmente impiegabili.

Parole chiave: Bioclimatica; Densità edilizia; Metaprogetto; Progettazione ambientale; Strategie di progetto urbano.

Introduzione e obiettivi

Nella ricerca del XXI secolo l'ambito urbano sarà sempre più centrale, considerando i fenomeni di inurbamento e densificazione iniziati nello scorso secolo (Lerner, 2010). Le frontiere della ricerca contemporanea ampliano lo studio dei fenomeni ambientali edificio-clima all'intero ambito urbano (clima urbano, fisica urbana, progettazione ambientale urbana) (Robinson, 2011; Ng, 2010). Le ricerche iniziate negli anni '70 con l'applicazione della fisica ambientale all'ambito urbano (Oke, 1987) sono oggetto di una profonda innovazione grazie ai nuovi strumenti digitali che permettono di gestire simulazioni avanzate e che possono avvalersi di una standardizzazione nel dettaglio dei modelli tridimensionali (BIM, DIM e CIM). Tra i recenti avanzamenti della ricerca si possono citare gli esiti di Yuguo Li (Fan *et al.*, 2018) sulla simulazione avanzata del sistema urbano – vento e scambi di calore –, di Beckers (2012) – dinamica termico-solare e fisica urbana –, e di Santamouris (Santamouris *et al.*, 2001) – isola di calore urbano e relazione forme urbane-consumi energetici degli edifici. Tuttavia, è necessario, nel dibattito sui

Environmental design strategies in different-density-urban contexts

Abstract. The paper deals with the dichotomy between the horizontal and vertical development of the built environment in urban contexts while taking into consideration different densities and settlement logics by following the specific approach of environmental and technological design. The research focuses on two well-known environmental parameters, wind and sun, identifying specific performance indicators related to natural ventilation (pressure coefficient and wind speed profile) and envelope-related energy needs (percentage of openings, shape and orientation of a spatial unit). For each indicator, a sensitivity analysis was carried out taking into consideration density and building height variations to evaluate the design choices from early-design phases.

Keywords: Bioclimatic; Building programming; Environmental design; Urban density; Urban design strategies.

modelli di crescita centrifuga e centripeta e sul progetto urbano sostenibile, tradurre tali risultati in indicatori, modelli e tecniche di intervento propri dell'ambito della tecnologia dell'architettura per linguaggio, strumenti e metodi (Francese, 2016) – si veda anche Cavaglià *et al.*, 1975).

Il paper si interroga sull'effetto che orizzontalità/verticalità, densità e logiche insediative determinano sulle prestazioni dei principali sistemi tecnologici e strategie progettuali bioclimatici. Il contributo si focalizza sulla fase metaprogettuale, in cui l'influenza delle scelte progettuali effettuate sulle prestazioni energetiche è massima (Echenagucia *et al.*, 2015).

La ricerca condotta, seguendo una logica parametrica volta all'ottimizzazione, analizza il rapporto tra un'unità residenziale (variando rapporti di forma e di area tra componenti verticali opachi e trasparenti - WWR), il contesto (variando altezza del piano dal terreno, densità, altezza e larghezza dell'intorno), l'orientamento e due dei principali parametri ambientali considerati in fase metaprogettuale (Grosso *et al.*, 2005): sole e vento. Il contributo, anche tramite l'impiego di strumenti di simulazione energetico dinamica, analizza il contesto secondo logiche metaprogettuali per la progettazione di sito, compatibili con studi inerenti l'analisi microclimatica di sito (es. Chiesa and Grosso, 2015). In ambito ambientale, numerosi studi analizzano la relazione tra caratteristiche tecniche di un elemento e performance energetiche in un dato contesto climatico, generando modelli relativi alle performance attese – es. (Košir *et al.*, 2017). Tali modelli, se correttamente trasposti nel quadro metodologico esigenziale-prestazione, possono essere utilizzati in ambito tecnologico traducendoli in specifici indicatori volti alla verifica di uno o più requisiti. Tuttavia, tali modelli performativi così come gli stessi strumenti bioclimatici

Introduction and objectives

In 21st century research, the urban environment will be increasingly central if we consider the urbanization and densification phenomena that have begun in the last century (Lerner, 2010). Contemporary research frontiers extend the study of building-climate environmental phenomena to the entire urban context (urban climate, urban physics, urban environmental planning) (Robinson, 2011; Ng, 2010). The research that started in the '70s with the application of environmental physics to the urban environment (Oke, 1987) is now undergoing radical innovation thanks to new digital tools that allow us to manage advanced simulations and produce standardization in detail of 3D models (BIM, DIM and CIM). Recent research developments include the results of Yuguo Li (Fan *et al.*, 2018) on the advanced simulation

of the urban system – wind and heat exchanges –, Beckers (2012) – solar thermal dynamics and urban physics –, and Santamouris (Santamouris *et al.*, 2001) – urban heat island and the relationship between urban forms and building energy-consumption. However, with respect to the debates on the models of centrifugal and centripetal growth and on the sustainable urban project, it is necessary to translate results into indicators, models and intervention techniques which belong to the architectural-technology sphere – language, tools and methods – e.g. (Francese, 2016).

Different building elevations and the approach and composition of heights in urban areas have a direct effect on the application and design potential of technological and bioclimatic solutions, such as was mentioned from the first environmental and technological

di pre-progetto – es. diagrammi bioclimatici – non incorporano generalmente l'effetto della concentrazione/dispersione volumetrica. In tal senso, il contributo assume le attuali metodologie di progettazione tecnologico-ambientale volte alla definizione del quadro esigenziale-prestazionale, partendo dalla definizione di attività, esigenze, requisiti e relative prestazioni (Chiesa and Grosso, 2017), ma focalizzandosi su come il contesto urbano possa modificare le performance del sistema tecnologico analizzate sulla base di specifici indicatori.

Il contributo ha un carattere innovativo perché applicato al contesto urbano, analizzando sia l'effetto del soleggiamento sia della ventilazione, con l'intento di fornire indicatori e metodi di valutazione volti al metaprogetto di soluzioni abitative in contesti ad alta densità. La ricerca apre a diversi sviluppi, inclusa una più vasta casistica operativa e la definizione di tool progettuali di supporto ad architetti e pianificatori attenti alle problematiche ambientali.

Metodologia

Al fine di rispondere agli obiettivi sopra citati, la metodologia di ricerca condotta si articola nei seguenti step applicati a tre contesti climatici italiani (Milano, Roma, Palermo). Ai fini di dimostrare il potenziale applicativo della metodologia si riportano i risultati relativi ad un'applicazione tipo.

STEP 1 (esigenze requisiti): Nell'ambito della classe di esigenze "utilizzo razionale delle risorse (URR)" – UNI 11277:2008, recentemente ritirata –, il paper si focalizza sulle "risorse climatiche e energetiche" per quanto concerne i "requisiti geometrici e fisici" e il "requisito energetico". In particolare viene richiamato il requisito "19 – utilizzo passivo di fonti rinnovabili per riscalda-

ment", studiato nel suo impatto sul requisito "24 – riduzione del fabbisogno d'energia primaria [...]”, focalizzandosi sull'apporto gratuito finalizzato al riscaldamento degli ambienti (e al contro-effetto estivo), e il requisito "20 – utilizzo passivo di fonti rinnovabili per il raffrescamento e la ventilazione igienico-sanitaria", considerando la ventilazione naturale controllata.

studies on housing systems (Cavaglià *et al.*, 1975). This paper questions the effect that horizontality/verticality, density and settlement logics determine on the performance of the main technological systems and bioclimatic design strategies. In particular, it focuses on the meta-design phase, in which the influence of the design choices on the energy performance is maximum (Echenagucia *et al.*, 2015). The paper studies the relationship between geometric-settlement and technological-environmental choices and expected energy needs. The research, which follows a parametric-optimisation logic, analyses the relationship between a residential unit (varying shape and area relationships – window-to-wall ratio – WWR), the context (variations in the height of the floor from the ground, the density, the height and the

width of the surroundings), the orientation and two of the main environmental parameters considered in the building programming phase. (Grosso *et al.*, 2005): sun and wind.

The paper, by using dynamic energy simulation tools, analyses the context according to building programming logics for site design. This approach is compatible with the microclimatic site analysis approach (e.g. Chiesa and Grosso, 2015), but it is devoted to the subsequent phase of building meta-definition. In the environmental field, several studies analyse the relationship between the technical characteristics of an element and energy performances in a given climate context, by developing models which are related to expected performance – e.g. (Košir *et al.*, 2017). Such models, if correctly transposed in the methodological-performance-driven framework, can be used

in the technological field by translating them into specific indicators which are aimed at verifying one or more requirements. However, these performative models as well as the bioclimatic tools for early-design – e.g. bioclimatic diagrams – do not generally incorporate the effect of volumetric concentration/dispersion. This paper assumes current technological-environmental design methodologies which aim at defining the performance-driven framework starting from the definition of activities, needs, requirements and related performances based on specific indicators (Chiesa and Grosso, 2017), but focuses on how the urban context can change the performances of the technological system. This paper can be regarded as innovative because it is applied to the urban context and analyses the effect of both sun exposure and ventilation, with the

aim of providing indicators and evaluation methods for the early-design of residential solutions in high-density contexts. The research opens out to various developments including a broader operational case list and the definition of environmental design tools to support architects and planners.

Methodology

Given the above-mentioned objectives, the research methodology is divided into the following steps which are applied to three Italian climatic contexts (Milan, Rome, Palermo). In order to demonstrate the application potential of the methodology. The results of a typical application are reported.

STEP 1 (needs-requirements): As part of the class of needs "rational use of resources (URR)" - UNI 11277: 2008,

– focalizzandosi sulla ventilazione da vento. Il ricambio d'aria (ac/h) indotto dal vento in un ambiente con due aperture poste su facciate opposte può essere stimato in base alla seguente espressione adattata da (Kolokotroni and Heiselberg, 2015):

$$ac/h = \left(v_z * C_d * \frac{A_1 + A_2}{2} * \sqrt{C_p^+ - C_p^-} \right) * 3600 / Vol \quad [1/h] \quad (1)$$

Dove v_z è la velocità del vento all'altezza dell'apertura [m/s], C_d è il coefficiente di scarico [-] (es. 0.6), A è l'area delle due aperture, C_p è il coefficiente di pressione sulla superficie esterna delle aperture. La prestazione di tale requisito è funzione della velocità del vento e del differenziale di pressione. Tali parametri possono essere assunti come indicatori di prestazione. In particolare, l'effetto che l'edificio ha sui profili altimetrici di velocità del vento è definito tramite l'eq. (2) (Grosso, 2017):

$$v_{z,se} = v_{sm} * \left(\frac{z_{rif,sm}}{z_{sm}} \right)^{Y_{sm}} * \left(\frac{z_{se}}{z_{rif,se}} \right)^{Y_{sm}} \quad [m/s] \quad (2)$$

Dove z_{se} e z_{sm} si riferiscono rispettivamente al sito di progetto e a quello della stazione meteorologica, z corrisponde all'altezza di misura e calcolo, z_{rif} è l'altezza dello strato limite e Y è l'esponente del profilo di velocità del vento. Tali ultimi due parametri sono funzione della rugosità del terreno e variano con densità e verticalità.

L'analisi sul differenziale di pressione è stata condotta con il software CPCALC⁺ (Grosso, 1992), uno dei pochissimi tool che

recently withdrawn -, the paper focuses on "climatic and energy resources" concerning "geometric and physical requirements" and the "energy requirement". In particular, requirement "19 – passive use of renewable sources for heating", referred to its impact on requirement "24 – reduction of primary energy needs [...]", focusing on the passive contribution for space heating (and the summer counter-effect), and requirement "20 – passive use of renewable sources for cooling and sanitary ventilation", in the context of controlled natural ventilation are considered.

STEP 2 (indicators-performances): For the purposes of this research, with regard to requirement 19, we studied the performances related to the energy requirement (kWh/m²) for space heating and cooling of a residential unit

(living room) with a floor area of 24m² with windows on the longer side and simulated in DesignBuilder. U-values of opaque and transparent vertical components are assumed in compliance with the 2019-2021 limits – D.M. 26 June 2015 – based on the climatic class of the location. At the simulation level, the preliminary-design standard parameters are adopted assuming a standard heating and cooling system (Fan coil and air conditioning). The infiltration rate was set to 0.5 ac/h – UNI TS 11300-1:2014 for residential spaces. The unit has only one external side, while other façades are assumed as adiabatic. Shading calculations are made by including the effect of the surroundings in order to study the impact of urbanization. This case study represents a first test of the proposed methodology. With regard to requirement 5.20, the

permettono di definire il valore di C_p sui diversi punti di una facciata (Ramponi *et al.*, 2014). Tale software, definita la dimensione dell'edificio in esame, il tipo di copertura e i punti di analisi per ogni facciata, permette di considerare l'effetto della direzione del vento in funzione dell'orientamento dell'edificio, della rugosità del terreno, della densità edilizia dell'area (PAD) e dell'altezza media dell'edificio circostante.

STEP 3 (sensibilità all'urbanizzato): Ai fini di studiare l'effetto che densità edilizia e orizzontalità/verticalità in architettura hanno sulle performance precedentemente individuate, per ottimizzare le logiche insediative in fase metaprogettuale focalizzandosi sulla razionalizzazione energetica, si sono individuati i seguenti parametri e relativi range di variazione.

Per quel che concerne i guadagni solari e il fabbisogno energetico, il caso studio è stato simulato per diversi orientamenti (O, SO, S, SE, E) variando gli angoli di azimut e l'altezza relativa rispetto all'unità di analisi in numero di piani (3m a piano) di un ostacolo posto di fronte alla zona di analisi. Il dominio di variazione dell'angolo sul piano orizzontale è $\{\pm 30^\circ; \pm 50^\circ; \pm 75^\circ\}$, mentre i piani variano nel dominio $\{0; +2\text{pft}; +5\text{pft}\}$, dove 0 corrisponde ad un edificio di pari altezza. Le rispettive maschere d'ombra, per la finestra di analisi, sono riportate in Fig. 1. Inoltre, si è considerato l'effetto del rapporto tra componenti opachi e trasparenti (WWR) nel range 20-100% con incrementi del 20%. Infine, si è analizzato l'effetto del rapporto tra lunghezza e profondità dell'unità spaziale considerando i casi 1:1; 1.5:1; 2:1.

Per quel che concerne i profili di velocità del vento, si sono considerate le variazioni relative delle velocità rispetto alla

possibility to obtain air changes (ac/h) through controlled natural ventilation has been studied – making the analysis compatible with the natural component of the requirement 63 of UNI 8290-2:1983 "ventilation" – focusing on wind-driven ventilation. The wind-driven ac/h in an environment with two openings on opposite sides can be estimated according to the following expression adapted from (Kolokotroni and Heiselberg, 2015):

$$ac/h = \left(v_z * C_d * \frac{A_1 + A_2}{2} * \sqrt{C_p^+ - C_p^-} \right) * 3600 / Vol \quad [1/h] \quad (1)$$

Where v_z is the wind speed at the opening height [m/s], C_d is the discharge coefficient [-] (e.g. 0.6), A is the area of the two openings, C_p is the pressure coefficient on the external surface of the openings. The performance of this requirement is a function of wind speed and pressure differential. These

parameters can be taken as performance indicators. In particular, the effect that the building has on the wind speed profiles is defined by eq. (2) (Grosso, 2017):

$$v_{z,se} = v_{sm} * \left(\frac{z_{rif,sm}}{z_{sm}} \right)^{Y_{sm}} * \left(\frac{z_{se}}{z_{rif,se}} \right)^{Y_{sm}} \quad [m/s] \quad (2)$$

Where z_{se} and z_{sm} refer respectively to the project site and to the meteorological station, z corresponds to the measurement and calculation height, z_{rif} is the height of the boundary layer and Y is the exponent of the wind speed profile. These last two parameters are a function of the roughness of the ground and vary with density and verticality. The pressure differential analysis was carried out with CPCALC⁺ software (Grosso, 1992), one of the very few tools that defines the C_p on different points of a façade (Ramponi *et al.*,

The shadow masks of the considered cases for the sole external facing façade – the percentage is the sky-view factor – equal to 50% in the case without obstructions (not shown)

stazione meteorologica di riferimento (10m) per diverse altezze considerando 6 profili di rugosità del terreno, dal terreno aperto (z_{rif} 280; Υ 0.14) al centro città di aree molto densificate (510; 0.45) passando per campagne con case a 1pft (300; 0.22), campagne con ostacoli superiori a 1pft (330; 0.28), aree suburbane (390; 0.34) e aree urbane (450; 0.40). Inoltre, si sono analizzati i profili di velocità per diverse altezze nelle tre località di indagine.

Riguardo il differenziale di pressione, si è studiato l'andamento di tale valore (calcolando il C_p sia sulla facciata sopravvento, sia sulla facciata opposta) al variare dell'angolo di incidenza del vento {-60°; -30°; 0°; 30°; 60°} che corrispondono, invertendo i C_p all'intero angolo giro con step di 30°. Ai fini del calcolo è stato assunto un edificio a stecca alto 8 piani, largo 12 metri e lungo 48 m – in linea con edifici multipiano a doppia scala (Neufert, 1999). Si è calcolato il valore del differenziale medio di facciata e quello relativo ad aperture poste sulla mezzera della facciata rispettivamente al 2° e al 7° piano per studiare le variazioni delle prestazioni in base alla posizione dell'unità di studio. Tali valori sono stati prodotti per 3 diverse densità di area (L = bassa PAD 5, M = media 20, H = alta 35) e per 3 profili di altezza dell'intorno variando tale valore e il rispettivo esponente Υ {caso a = 3-0.14; b = 6-0.32; c = 30-0.45}.

Analisi e discussione dei risultati

I risultati dell'analisi di sensitività alle densità e verticalità urbane del guadagno solare e del relativo fabbisogno energetico sono riportate in Fig. 2 per il caso di Roma, WWR 20%, e rapporto lunghezza/profondità 1.5:1. In mancanza di ostacoli, il fabbisogno energetico inver-

nale si riduce con un'esposizione Sud (Fig. 2a), come riportato in letteratura es. (Košir *et al.*, 2017). Tuttavia, tale principio non è più valido al crescere della densità e delle altezze dell'intorno edilizio, suggerendo che la massima performance possa essere raggiunta, nei contesti urbanizzati, con altri orientamenti. Analogamente, nel caso del fabbisogno per raffreddamento (Fig. 2b), le prestazioni si modificano sensibilmente al crescere dell'altezza degli edifici circostanti rispetto all'unità di analisi e alla loro densità. Il fabbisogno totale, riportato in Fig. 2c, mostra, per il caso di Roma, come al variare della orizzontalità/verticalità le prestazioni dell'unità simulata varino sensibilmente, arrivando ad assumere una curva opposta nei casi senza e con massime ostruzioni. Tale risultato dimostra come sia necessario includere negli attuali strumenti esigenziali-prestazionali per il meta-progetto ambientale indicatori capaci di simulare l'effetto urbano sulle performance attese.

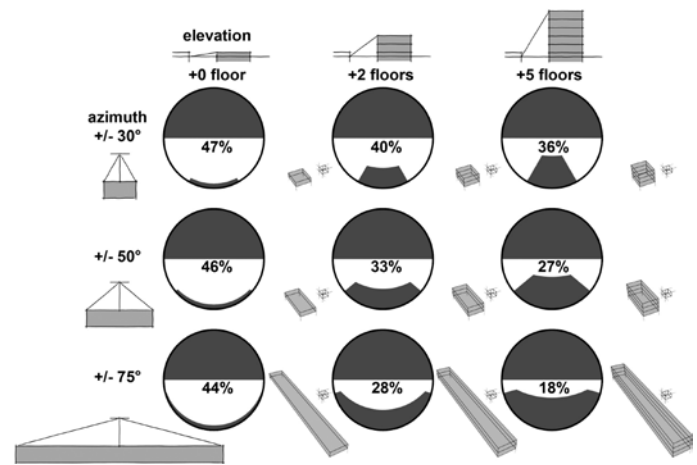
2014). This software, once the size of the analysed building, the type of roof and the points of analysis for each façade have been defined, allows us to consider the effect of the wind direction according to the orientation of the building, the roughness of the ground, the plan area density (PAD) and the average height of the surrounding area.

STEP 3 (sensibility to the urban environment): In order to study the effect that building density and horizontality/verticality in architecture have on the previously identified performances and to optimize settlement logics in early-design phases by focusing on energy rationalization, the following parameters and related variation ranges have been identified.

With regard to solar gains and energy requirements, the case study was simulated for different orientations (W, SW,

S, SE, E) by varying the azimuth angles and the relative height on a number of floors (3m floor) of an obstacle placed in front of the analysed unit. The variation domain of the horizontal-plane angle is {±30°; ±50°; ±75°}, while the number of floors vary in the domain {0; +2fl.; +5fl.}, where 0 corresponds to a building of equal height. The respective shadow masks for the analysed window are shown in Fig. 1. In addition, we have considered the effect of the window-to-wall ratio (WWR) in the 20-100% range with increments of 20%. Finally, we analysed the effect of the relationship between the length and depth of the spatial unit considering the various cases {1:1; 1.5:1; 2:1}.

Concerning wind speed profiles, the relative variations of velocities at different heights with respect to the reference meteorological station (10m), assuming 6 soil roughness profiles



– from open flat country (z_{rif} 280; Υ 0.14) to city centre of densely populated areas (510; 0.45), including country zones with 1fl. houses (300; 0.22), country with obstacles above 1ft. (330; 0.28), suburban areas (390; 0.34) and urban areas (450; 0.40) were considered. Furthermore, velocity profiles were analysed for different heights in the 3 chosen locations. The pressure differential trend – calculating the C_p both on the upwind and leeward façades – was studied for different wind incidence angles {-60°; -30°; 0°; 30°; 60°} that correspond, inverting the C_p , to all directions with a 30°-definition step. For the purposes of the calculation, an 8-storey high-rise building was used – 12m width; 48m length – according to a sample multistore building with a two stairs (Neufer, 1999). The average-façade- C_p value was calculated together with the

C_p values related to openings on the front half of the façade respectively on the 2nd and 7th floors, to study the variations in performance based on the position of the study unit. These values were produced for 3 different area densities (L = low, PAD 5; M = average, 20; H = high, 35) and for 3 height profiles of the neighbourhood by varying this value and the respective Υ -exponent {case a = 3,0.14; b = 6,0.32; c = 30,0.45}.

Result analysis and discussion
The results of the sensitivity analysis to urban densities and verticality of solar gains and of related energy requirements are shown in Fig. 2 for the case of Rome, WWR 20%, and length/depth ratio 1.5:1. In the absence of obstacles, the winter energy requirement is reduced with a South exposure (Fig. 2a), as reported in literature – e.g. (Košir *et al.*, 2017). How-

Result analysis and discussion

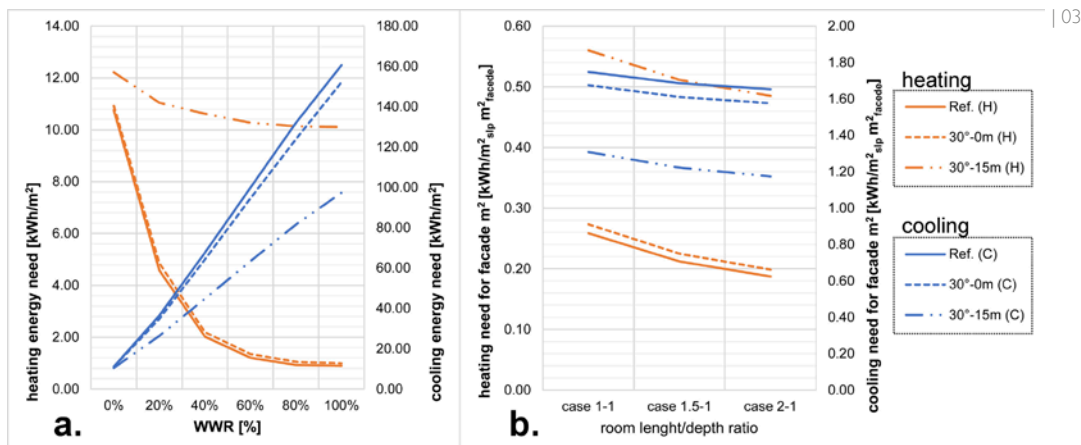
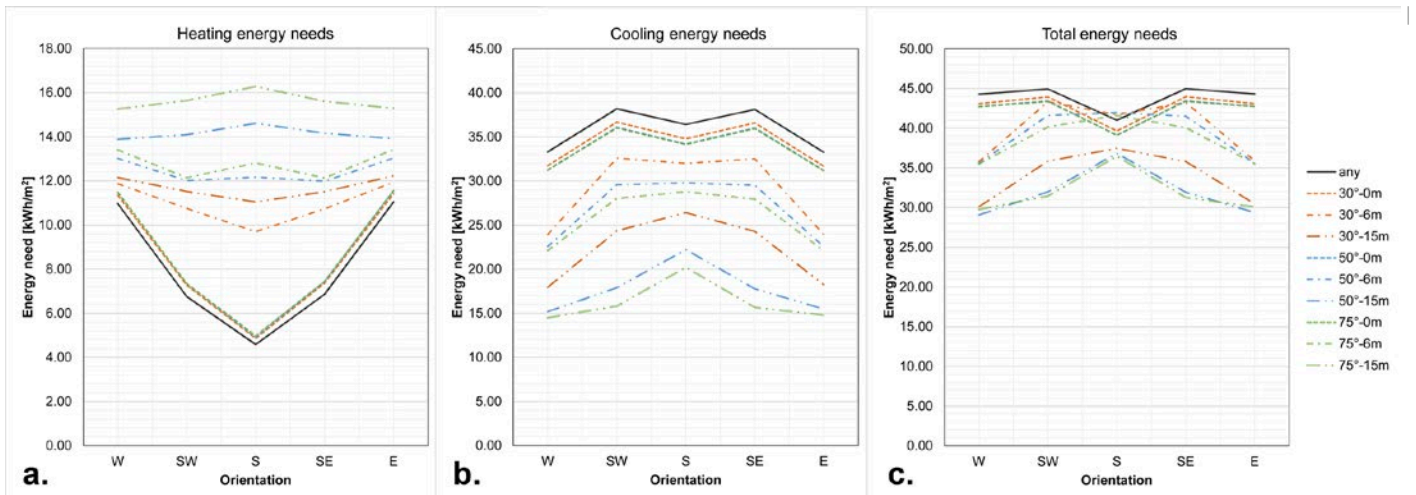
The results of the sensitivity analysis to urban densities and verticality of solar gains and of related energy requirements are shown in Fig. 2 for the case of Rome, WWR 20%, and length/depth ratio 1.5:1. In the absence of obstacles, the winter energy requirement is reduced with a South exposure (Fig. 2a), as reported in literature – e.g. (Košir *et al.*, 2017). How-

02 | Fabbisogno energetico (a) di riscaldamento, (b) di raffrescamento e (c) totale annuale al variare del contesto urbano e dell'orientamento (azimut ostruzioni +/-30,50,70°; altezza ostruzioni rispetto all'estradosso 0,+6,+15 m)
 Energy needs (a) for heating, (b) for cooling and (c) total annual needs, for different urban contexts and orientations (azimuth obstructions +/- 30,50,70 °; obstruction height with respect to the extrados 0m, +6m, +15m)

rispetto all'unità simulata. La Fig. 3(b) riporta la variazione dei fabbisogni energetici dell'unità nel caso romano esposto a Sud con WWR 20%, al variare del rapporto di forma. Anche in queste due analisi gli andamenti riferiti ai casi senza o con minime ostruzioni divergono da quelli attesi in ambito urbano. Infine, la Fig. 4 illustra l'andamento dei fabbisogni di riscaldamento (Fig. 4a) e di raffrescamento (4b) per il caso Sud, WWR 20%, rapporto di forma 1.5:1, nelle tre località considerate. I due grafici dimostrano che la variazione indotta dalla densità e verticalità urbana è presente nei diversi contesti climatici. Per quel che concerne l'ac/h, la Fig. 5 riporta i risultati dell'analisi sui differenziali di pressione medi di facciata (5a), relativi al secondo (5b) e al settimo piano (5c) dell'edificio di riferimento al variare dell'angolo di incidenza e della densità/verticalità dell'intorno. I grafici mostrano come l'effetto della verticalità sulle performance sia decisamente più marcato rispetto alla densità, per

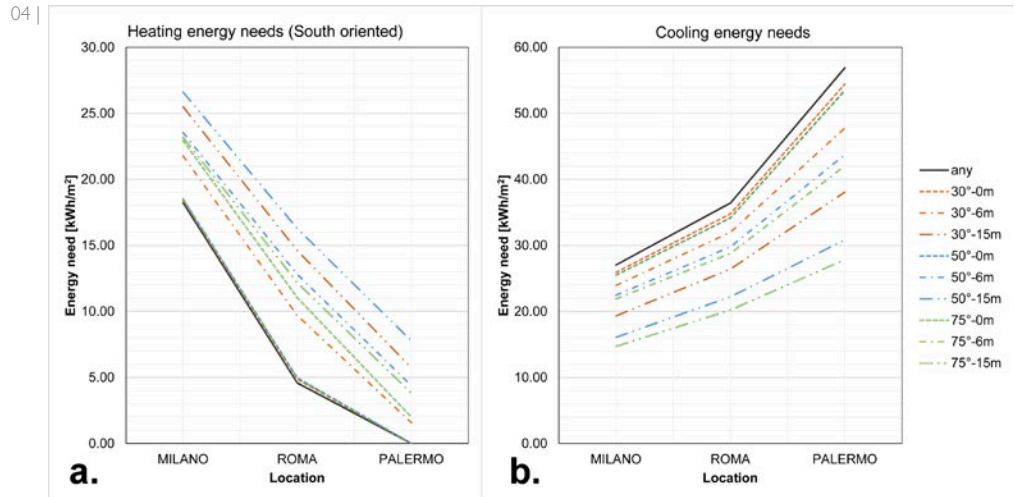
03 | Fabbisogno di riscaldamento e raffrescamento in funzione (a) della variazione del WWR e (b) dei rapporti di forma dell'unità simulata
 Heating and cooling requirements expressed in relation to (a) WWR variations and (b) variations of the simulated-unit-shape ratio

quanto tale diversità si riduca sensibilmente ai piani più bassi (Fig. 5b). Tuttavia, entrambe le variabili hanno un consistente impatto in ambito urbano, sottolineando la necessità di includere strumenti più avanzati rispetto all'approccio tabellare in fase metaprogettuale. Similmente, l'analisi relativa ai profili di velocità del vento conferma l'impatto negativo atteso sulle prestazioni dell'indicatore all'aumento della rugosità. In particolare, la Fig. 6(a) riporta l'andamento delle velocità nelle tre località considerate per diversi profili di densità/verticalità per diverse altezze da terra (esprese in numero di piani). Inoltre, la Fig. 6(b) calcola il rapporto tra la velocità in prossimità dell'unità spaziale e quello misurato nella stazione meteorologica di riferimento per diverse altezze. Tale analisi è indipendente dalla località. Il grafico dimostra come l'urbanizzazione compatta e verticale influenzi drasticamente le prestazioni inerenti i ricambi d'aria da vento.



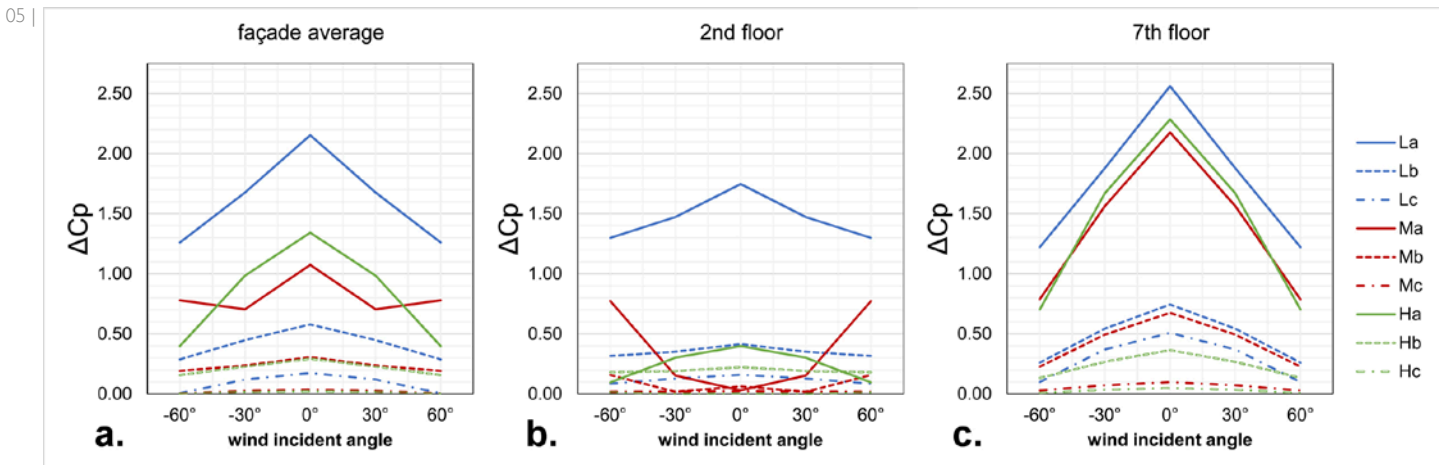
04 | Andamento dei fabbisogni di (a) riscaldamento e (b) raffrescamento nelle tre località considerate al variare del contesto urbano

Energy need behaviour for (a) heating and (b) cooling in the 3 considered locations for different urban contexts



05 | Variazione dei differenziali di pressione in base al contesto edificato (a) medi di facciata, (b) relativi al secondo e al (c) settimo piano dell'edificio di riferimento

Variation of pressure differentials according to the built context (a) average of the façades, (b) relative to the second and the (c) seventh floor of the reference building



ever, this principle is no longer valid while densities and heights of the built environment are increasing, suggesting that maximum performance can be achieved, in urbanized contexts, with other orientations. Likewise, in the case of cooling requirements (Fig. 2b), the performance changes significantly as the height of the surrounding buildings with respect to the unit of analysis and their density increase. The total requirement, shown in Fig. 2c, assumes, for the case of Rome, in which the performance of the simulated unit varies considerably with changes of horizontality/verticality, an opposite curve direction in cases without and with maximum obstructions. This result demonstrates that it is necessary to include indicators which are able to simulate the urban effect in the current performance-related tools for environmental early-design.

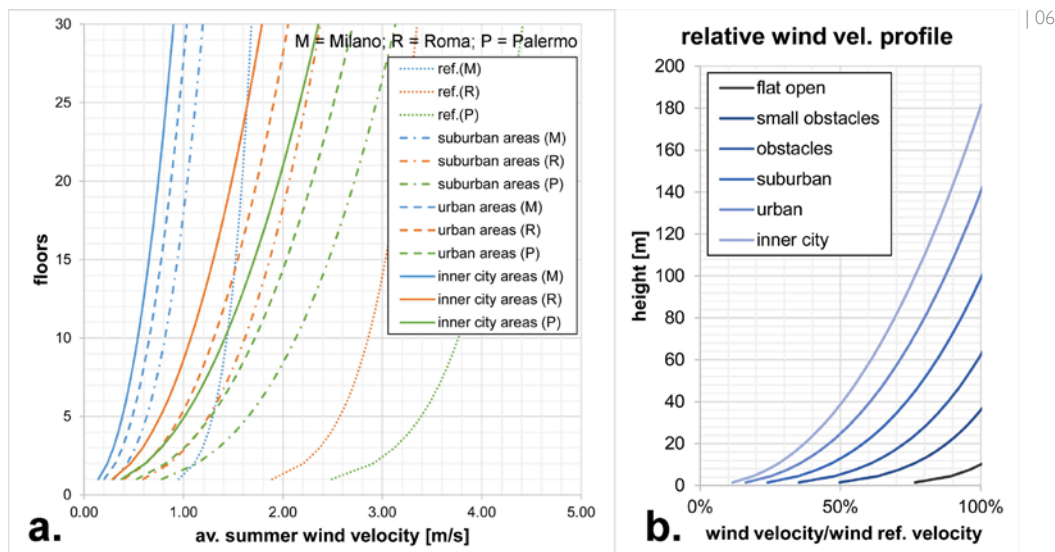
Furthermore, Fig. 3 (a) analyses, for the South facing case with a ratio of 1.5:1, the variation of heating and cooling requirements as a function of the window to wall ratio of facade components (WWR) in the case without obstructions, with obstructions of equal height, with obstructions higher than 5 ft. with respect to the simulated unit. Fig. 3 (b) shows the variation of the unit energy requirements in the case of Rome with WWR 20%, considering shape ratio changes. Also in these two analyses, trends referred to cases with minimal or no obstructions diverge from those expected in urban areas. Finally, Fig. 4 illustrates the trend of heating (Fig. 4a) and cooling (4b) needs for the South-facing case, WWR 20%, 1.5:1 form ratio, in the 3 considered locations. The two graphs show that variations induced by density and urban verticality are evident for each

climatic context. Regarding the ac/h, Fig. 5 shows the results of the analysis on pressure differentials respectively of the average façade values (5a), the 2nd floor ones (5b) and the ones on the 7th floor (5c) for different wind-incident angles and the density/verticality of the surroundings. These graphs show that the effect of verticality on performances is considerably more evident than that of density, although this diversity is reduced on the lower floors (Fig. 5b). However, both variables have a significant impact in urban areas, underlining the need to include from early-design phases advanced design tools. Moreover, the analysis of wind-speed profiles confirms the expected negative impact on the performances when roughness increases. Fig. 6 (a) reports the speed-trends in the 3-considered locations for different profiles of densi-

ty/verticality at different heights from the ground (expressed in number of floors). Furthermore, Fig. 6 (b) calculates the ratio between the velocity near the spatial unit and that measured at the reference meteorological station for different heights. This analysis is independent of the locality. The graph demonstrates how compact and vertical urbanization drastically affects the performance related to wind-driven ac/h.

Conclusions

The proposed analyses show how building density and verticality have a strong impact on environmental performances. Furthermore, they underline the possibility to evaluate these effects from early-design phases by adapting consolidated requirements through the introduction of performance-requirement-based method-



Conclusion

Le analisi riportate mostrano come densità e verticalità edilizia abbiano un forte impatto sulle prestazioni ambientali e che sia possibile, adattando requisiti consolidati tramite l'introduzione di metodologie di indagine delle performance capaci di includere l'effetto urbano, valutare tale effetto in fase metaprogettuale. Principi bioclimatici classici, come l'orientamento della facciata principale, possono non trovare conferma nelle performance degli indicatori utilizzati necessitando di un'attenta analisi. Il modello parametrico utilizzato, infatti, raccomanda ai progettisti possibili soluzioni tecnologiche secondo una logica ambientale alla progettazione in contesti urbani. Tale risultato andrà adattato ad una casistica tipologica, morfologica e di esposi-

zione verso l'ambito circostante più ampia di cui gli esempi riportati costituiscono un primo test metodologico. Questo paper mostra, infatti, i primi risultati di una ricerca più vasta, che mira ad adattare modelli più complessi e di nuova definizione al contesto proprio della progettazione tecnologico-ambientale considerando la scala urbana. Tale analisi è co-finanziata dal fondo di ateneo 59_ATEN_RSG16CHG.

NOTE

⁰ L'articolo, i cui proponenti sono dei ricercatori under 35, dopo aver superato la fase di accettazione dell'abstract e il successivo referaggio effettuato con modalità "double blind", ha ottenuto, da parte del Board di Techne, una valutazione meritevole per la pubblicazione con la logica No-Pay.

ologies which are able to include the urban effect. Classical bioclimatic principles, such as the orientation of the main façade, may not be confirmed by the performance-analysis based on urban-sensitive indicators, and require careful further analyses. The parametric model used, in fact, may suggest to designers possible technological solutions according to an environmental-driven approach to building design in urban contexts. Results will be tested using a larger set of case studies considering different typologies, morphologies and expositions.

NOTES

⁰ The paper, proposed by an under 35 researcher, has passed the acceptance phase of the abstract and consequently the "double blind review", obtained, on the part of the Techne Board, a positive evaluation for the publication with the No-Pay logic.

This paper shows the first results of a broader research which aims to adapt more complex models and to develop new approaches for technological-environmental design on an urban scale. This analysis is co-financed by the university fund 59_ATEN_RSG16CHG.

REFERENCES

- Lerner, J. (2010), “Le città non sono problemi, sono soluzioni”, in Matteoli, L., Pagani, R. (Eds.), *CityFutures*, Hoepli, Milano, pp. 117-126.
- Oke, T.R. (1987), *Boundary Layer Climates*, 2nd ed., Routledge, New York.
- Fan, Y., Li, Y. and Yin, S. (2018), “Non-uniform ground-level wind patterns in a heat dome over a uniformly heated non-circular city”, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 124, pp. 233-246.
- Beckers, B. (Ed.) (2012), *Solar Energy at Urban Scale*, Wiley-ISTE, New York.
- Santamouris, M., Papanikolaou, N., Livada, I., Koronakis, I., Georgakis, C., Argiriou, A. and Assimakopoulos, D.N. (2001), “On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings”, *Solar Energy*, Vol. 70, n. 3, pp. 201-216.
- Robinson, D. (Ed.) (2011), *Computer Modelling for Sustainable Urban Design*, Earthscan, New York.
- Ng, E. (Ed.) (2010), *Designing High-Density Cities*, Earthscan, New York.
- Francesco, D. (2016), *Technologies for Sustainable Urban Design and Bioregionalist Regeneration*, Routledge, New York.
- Cavaglia, G., Ceragioli, G., Foti, M., Maggi, P.N., Matteoli, L. and Ossola, F. (1975), *Industrializzazione per programmi*, RDB, Piacenza.
- Echenagucia, T.M., Capozzoli, A., Cascone, Y. and Sassone, M. (2015), “The early design stage of building envelope: Multi-objective search through heating, cooling and lighting energy performance analysis”, *Applied Energy*, Vol. 154, pp. 577-591.
- Grosso, M., Peretti, G., Piardi, S. and Scudo, G. (Eds.) (2005), *Progettazione ecocompatibile dell'architettura*, Sistemi Editoriali, Napoli.
- Chiesa, G. and Grosso, M. (2015), “Accessibilità e qualità ambientale del paesaggio urbano. La matrice microclimatica di sito come strumento di progetto”, *Ri-Vista*, Vol. 13, n. 1, pp. 78-91.
- Chiesa, G. and Grosso, M. (2017), “An Environmental Technological Approach to Architectural Programming for School Facilities”, in Sayigh, A. (Ed.), *Mediterranean Green Buildings & Renewable Energy*, Springer, Cham.
- Košir, M., Gostiša, T. and Kristl, Z. (2017), “Influence of architectural building envelope characteristics on energy performance in Central European climatic conditions”, *Journal of Building Engineering*, Vol. 15, pp. 278-288.
- Grosso, M. (2017), *Il raffrescamento passivo degli edifici*, 4th ed., Maggioli, Sant'Arcangelo di Romagna.
- Kolokotroni, M. and Heiselberg, P. (Eds.) (2015), *Ventilative Cooling State-of-the-art review*, IEA EBC Annex 62, Aalborg University, Aalborg.
- Grosso, M. (1992), “Wind pressure distribution around buildings: a parametrical model”, *Energy and Buildings*, Vol. 18, n. 2, pp. 101-131.
- Ramponi, R., Angelotti, A. and Blocken, B. (2014), “Energy saving potential of night ventilation: Sensitivity to pressure coefficients for different European climates”, *Applied Energy*, Vol. 123, pp. 185-195.
- Neufert, E. (1999), *Enciclopedia pratica per progettare e costruire*, 8th ed., Hoepli, Milano.